

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-197643

(43)Date of publication of application : 12.07.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/738

G11B 5/65

G11B 5/667

G11B 5/851

(21)Application number : 2000-396074

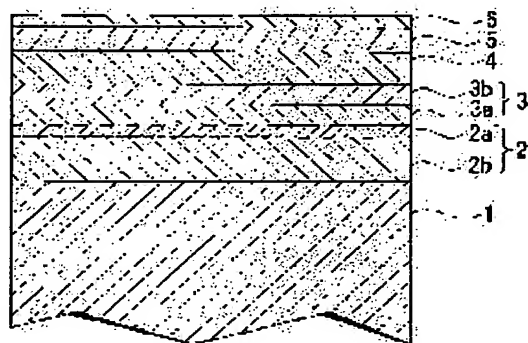
(71)Applicant : SHOWA DENKO KK

(22)Date of filing : 26.12.2000

(72)Inventor : SHIMIZU KENJI
SAKAI HIROSHI**(54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM, METHOD OF MANUFACTURING FOR THE SAME AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE****(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic recording medium which is capable of recording and reproducing high-density information by improving recording and reproducing characteristics and a method for manufacturing the same and a magnetic recording and reproducing device.

SOLUTION: The surface of a nonmagnetic substrate 1 is provided with a soft magnetic ground surface film 2 consisting of a soft magnetic material, an alignment control film 3 which controls the alignment characteristic of the film right thereabove, a vertical manufacturing film 4 of which the axis of easy magnetization is aligned mainly vertically to the substrate and a protective film 5. Part or the whole of the surface of the soft magnetic ground surface film 2 on the alignment control film 3 is oxidized and the thickness of the oxidized film 2a is ≥ 0.1 to < 3 nm.



1 非磁性基板
2 軟磁性地膜
3 配向制御膜
4 縦方向製造膜
5 保護膜
2a 酸化膜
2b 非酸化膜

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-197643

(P2002-197643A)

(43) 公開日 平成14年7月12日 (2002.7.12)

(51) Int. Cl.

識別記号

F I

ターム(参考)

G 1 1 B 5/738
5/65
5/667
5/851

G 1 1 B 5/738
5/65
5/667
5/851

5 D 0 0 6
5 D 1 1 2

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-396074(P2000-396074)

(22) 出願日 平成12年12月26日 (2000. 12. 26)

(71) 出願人 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(72) 発明者 清水 徹治

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電

工エイチ・ディー株式会社内

(72) 発明者 酒井 浩志

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電

工エイチ・ディー株式会社内

(74) 代理人 100044908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

Fターム(参考) 5D006 B067 CA91 CAD3 CA95 CA96

FA09

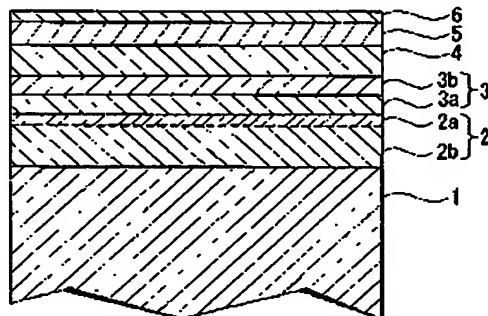
5D112 AAG3 AA04 B003 FA04

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 記録再生特性を向上させ高密度の情報の記録再生が可能な磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】 非磁性基板1上に、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜2と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜3と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜4と、保護膜5とが設けられ、軟磁性下地膜2の配向制御膜3側の表面の1部または全面が酸化されており、酸化膜2aの厚さが、0.1nm以上3nm未満である。



1 : 非磁性基板
2 : 軟磁性下地膜
3 : 酸化膜
3a : 配向制御膜
3b : 第1配向制御膜
4 : 垂直磁性膜
4a : 第2配向制御膜
5 : 保護膜
6 : 保護膜

【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、軟磁性下地膜の配向制御膜側の表面の1部または全面が酸化されており、酸化膜の厚さが、0.1nm以上3nm未満であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 酸化膜の厚さが0.1nm以上2.2nm以下であることを特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 酸化膜の厚さが0.2nm以上1.8nm以下であることを特徴とする請求項1または2のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 軟磁性下地膜の飽和磁束密度 B_s (T)と該軟磁性下地膜の膜厚 t (nm)との積 $B_s \cdot t$ (T・nm)が40 (T・nm)以上であることを特徴とする請求項1～3のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 軟磁性下地膜の飽和磁束密度 B_s (T)と該軟磁性下地膜の膜厚 t (nm)との積 $B_s \cdot t$ (T・nm)が60 (T・nm)以上であることを特徴とする請求項1～4のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 軟磁性下地膜がCoを80at%以上含有し、Zr、Ta、Nb、Yのうちの少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度 B_s (T)が0.8 (T)以上であり、この軟磁性下地膜がアモルファス構造であることを特徴とする請求項1乃至5記載のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 軟磁性下地膜がFeを60at%以上含有し、Ta、Zr、Al、Si、Hfのうちの少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度 B_s (T)が0.8 (T)以上であることを特徴とする請求項1乃至5記載のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項8】 軟磁性下地膜がFeを60at%以上含有し、O、N、B、Cのうちの少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度 B_s (T)が0.8 (T)以上であることを特徴とする請求項1乃至5記載のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項9】 配向制御膜がTi、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Hfのうちの1種以上または2種以上を主成分とする材料からなることを特徴とする請求項1乃至8記載のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 配向制御膜が、B2構造をなす第1配向制御膜と、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Hfのうちの1種以上または2種以上を主成分とする材料からなる第2配向制御膜からなることを特徴

とする請求項1乃至8記載のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項11】 第1配向制御膜は、NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTiのうちの1種または2種以上の合金を主成分とする材料からなることを特徴とする請求項10記載の磁気記録媒体。

【請求項12】 第1配向制御膜の厚さが、0.1～20nmであることを特徴とする請求項10または11記載のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項13】 配向制御膜と垂直磁性膜との間に非磁性材料からなる非磁性中間膜が設けられていることを特徴とする請求項1乃至12記載のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項14】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設ける磁気記録媒体の製造方法であって、軟磁性下地膜の表面を酸化させる工程を含むことを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項15】 軟磁性下地膜を形成後、酸素を含むガス中に曝露することにより、軟磁性下地膜の表面を酸化させる工程を含むことを特徴とする請求項14記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項16】 軟磁性下地膜の表面を酸化させる際に、軟磁性下地膜の1部のみに酸素を含むガスを用いることを特徴とする請求項15記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項17】 磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気ヘッドが単磁極ヘッドであり、磁気記録媒体が、非磁性基板上に少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、軟磁性下地膜の配向制御膜側の表面の1部または全面が酸化されており、酸化膜の厚さが、0.1nm以上3nm未満であることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項18】 磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気ヘッドが単磁極ヘッドであり、磁気記録媒体が、非磁性基板上に少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、軟磁性下地膜の配向制御膜側の表面の1部または全面が酸化されており、酸化膜の厚さが、0.1nm以上2.2nm以下であることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項19】 磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装

層であって、磁気ヘッドが単磁極ヘッドであり、磁気記録媒体が、非磁性基板上に少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、軟磁性下地膜の配向制御膜側の表面の1部または全面が酸化されており、酸化膜の厚さが、0.2nm以上1.8nm以下であることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体、その製造方法、およびこの磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在市販されている磁気記録媒体は、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し水平に配向した面内磁気記録媒体がほとんどである。このような面内磁気記録媒体では、高記録密度化するとビット体積が小さくなりすぎ、熱揺らぎ効果により記録再生特性が悪化する可能性がある。また、高記録密度化した際に、記録ビット境界での反磁界の影響により媒体ノイズが増加する。これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に垂直に配向した、いわゆる垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した際にも、ビット境界での反磁界の影響が小さく、境界が鮮明な記録磁区が形成されるため低ノイズ化が可能であり、しかも比較的ビット体積が大きくても高記録密度化が可能であることから熱揺らぎ効果にも強く、近年大きな注目を集めており、垂直磁気記録に適した媒体の構造が提案されている。特開平7-73429号公報には、融素過剰で結晶性に乏しい酸化層を設けたことを特徴とする磁気記録媒体が提案されている。この酸化層の厚さは3~10nmが好ましいとされている。しかし、厚さ3nm以上の酸化層を設けることは、垂直磁性膜の配向性を著しく悪化させ、熱揺らぎ耐性を著しく悪化させるとともに、軟磁性裏打ち層の表面粗さを大きくしてしまう。このため、磁気ヘッド浮上高さを低くすることが難しくなり、高記録密度化が困難となる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年では、磁気記録媒体の更なる高記録密度化が要望されており、垂直磁性膜に対する書き込み能力に優れた単磁極ヘッドを用いるために、記録層である垂直磁性膜と基板との間に、裏打ち層と称される軟磁性材料からなる層を設け、単磁極ヘッドと、磁気記録媒体の間の磁束の出入りの効率を向上させた磁気記録媒体が提案されている。しかしながら、従来の磁気記録媒体は、上記裏打ち層を設けた磁気記録媒体を用いた場合でも、記録再生特性において満足できるものではなく、これらの特性に優れた磁気記録媒体が要望されていた。本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、記録再生特性を向上させ高密度の情報の記録再生

が可能な磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、軟磁性下地膜の配向制御膜側の表面の1部または全面が酸化されており、酸化膜の厚さが、0.1nm以上3nm未満であることを特徴とする。さらに、前記酸化膜の厚さは0.1nm以上2.2nm以下であることが好ましい。さらに、酸化膜の厚さは0.2nm以上1.8nm以下であることがより好ましい。本発明の磁気記録媒体は、軟磁性下地膜の飽和磁束密度 B_s (T)と該軟磁性下地膜の膜厚 t (nm)との積 $B_s \cdot t$ (T·nm)が40 (T·nm)以上であることが好ましい。さらに、前記軟磁性下地膜の飽和磁束密度 B_s (T)と該軟磁性下地膜の膜厚 t (nm)との積 $B_s \cdot t$ (T·nm)が60 (T·nm)以上であることがより好ましい。本発明の磁気記録媒体は、軟磁性下地膜がCoを80at%以上含有し、Zr, Ta, Nb, Yのうち少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度 B_s (T)が0.8 (T)以上であり、この軟磁性下地膜がアモルファス構造であることが好ましい。また軟磁性下地膜がFeを60at%以上含有し、Ta, Zr, Al, Si, Hfのうち少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度 B_s (T)が0.8 (T)以上である構成とすることができる。また軟磁性下地膜がFeを60at%以上含有し、O, N, B, Cのうち少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度 B_s (T)が0.8 (T)以上である構成とすることもできる。本発明の磁気記録媒体では、配向制御膜がTi, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, Hfのうち1種以上または2種以上を主成分とする材料からなることが好ましい。また、本発明の磁気記録媒体は、配向制御膜が、B2構造をなす第1配向制御膜と、Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, Hfのうち1種以上または2種以上を主成分とする材料からなる第2配向制御膜からなる構成とすることもできる。第1配向制御膜は、NiAl, FeAl, CoFe, CoZr, NiTi, AlCo, AlRu, CoTiのうち1種または2種以上の合金を主成分とする材料からなるものであることが好ましい。第1配向制御膜の厚さは、0.1~20nmとするのが好ましい。本発明の磁気記録媒体は、配向制御膜と垂直磁性膜との間に非磁性材料からなる非磁性中間膜が設けられていることが好ましい。本発明の磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直

上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設ける磁気記録媒体の製造方法であって、軟磁性下地膜の表面を酸化させる工程を含むことを特徴とする。軟磁性下地膜の表面を酸化させるには、軟磁性下地膜を形成後、酸素を含むガス中に曝露することにより、軟磁性下地膜の表面を酸化させる方法をとることができる。軟磁性下地膜の表面を酸化させる際には、軟磁性下地膜の1部のみを酸素を含むガスを用いることもできる。本発明の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気ヘッドが単磁極ヘッドであり、磁気記録媒体が、非磁性基板上に少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、軟磁性下地膜の配向制御膜側の表面の1部または全面が酸化されており、酸化膜の厚さが、0.1nm以上3nm未満であることを特徴とする。

【0005】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示すもので、ここに示す磁気記録媒体は、非磁性基板1上に、軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5と潤滑膜6とが順次形成されて構成されている。非磁性基板1としては、アルミニウム、アルミニウム合金等の金属材料からなる金属基板を挙げることができ、ガラス、セラミック、シリコン、シリコンカーバイド、カーボンなどの非金属材料からなる非金属基板を挙げることができ、ガラス基板としては、アモルファスガラス、結晶化ガラスがあり、アモルファスガラスとしては汎用のソーダライムガラス、アルミノケークガラス、アルミノシリケートガラスを挙げることができる。また、結晶化ガラスとしては、例えばリチウム系結晶化ガラスを用いることができる。セラミック基板としては、汎用の酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素などを主成分とする焼結体や、これらの繊維強化物などを挙げることができる。非磁性基板1としては、上記金属基板、非金属基板の表面にメッキ法やスパッタ法を用いてN:P膜が形成されたものを用いることもできる。基板1表面の平均粗さRaは、0.01~2nm(好ましくは0.05~1.5nm)が好ましい。表面平均粗さRaが0.01nm未満であると磁気ヘッドの振動が起りやすくなり、2nmを越えるとグライド特性が不十分となりやすい。

【0006】軟磁性下地膜2は、磁気ヘッドから出る磁束の基板垂直方向成分を大きくするとともに、情報が記録される垂直磁性膜4の磁化を、より強固に基板1と垂直な方向に固定するために設けられているものである。この作用は特に、記録再生用の磁気ヘッドとして垂直記録用の単磁極ヘッドを用いる場合に、より顕著なものと

なる。

【0007】軟磁性下地膜2の最表面(配向制御膜3側の面)は、軟磁性下地膜2を構成する材料が部分的、あるいは完全に酸化された酸化膜2aとなっている。この酸化膜2aは、軟磁性下地膜2の表面(配向制御膜3側の面)およびその近傍(表面から所定の深さの領域)が、軟磁性下地膜2を構成する材料が部分的または全体的に酸化されることによって形成されていることが好ましい。この酸化膜2aにより、軟磁性下地膜2の表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるため、この磁気的な揺らぎに起因するノイズを低減し、磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。また、酸化膜2aによって、軟磁性下地膜2上に形成される配向制御膜3の結晶粒を微細化して、記録再生特性を改善することができる。また酸化膜2aによって、バリア層の機能により軟磁性下地膜2または非磁性基板1から腐食性物質が媒体表面に移動するのを抑え、媒体表面の腐食の発生を抑えることができる。

【0008】この酸化膜2aの厚さは、0.1nm以上3nm未満(好ましくは0.1nm以上2.2nm以下、さらに好ましくは0.2nm以上1.8nm以下)とされる。この軟磁性下地膜2の最表面(配向制御膜3側の面)を、酸化膜2aが3nmを超える厚さとなるように酸化させると、この上に設けられる配向制御膜3の配向を乱し、その結果、記録再生特性が劣化するので好ましくない。また、軟磁性下地膜2の表面を過剰に酸化すると、表面平均粗さRaが大きくなり(例えば2nmを超える値となり)、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くすることができなくなるおそれがあるため好ましくない。また、酸化膜2aの厚さを0.1nm未満とすると、軟磁性下地膜2表面の磁化揺らぎが起りやすくなり、記録再生特性を向上させる効果が不十分となる。

【0009】この軟磁性下地膜2の表面の酸化された部分は、例えば軟磁性下地膜2を形成した後、酸素を含む雰囲気中に曝す方法や、軟磁性下地膜2の表面に近い部分を成膜するプロセス中に酸素を導入する方法により形成することができる。具体的には、軟磁性下地膜2の表面を酸素に曝す場合には、ディスク(基板1上に軟磁性下地膜2を形成したもの)を、純酸素、あるいは酸素をアルゴンや窒素などのガスで希釈したガス雰囲気中に0.1~30秒程度放置しておけばよい。また、上記ディスクを大気中に曝すこともできる。導入する酸素の量、酸素への曝露時間を適宜設定することにより、軟磁性下地膜2の酸化度合いを調節することができる。例えば、 10^{-4} ~ 10^{-6} Paの真空度に対し、 10^{-3} Pa以上の酸素ガス圧の雰囲気中、上記ディスクを0.1~30秒間曝すことによって、所定の酸化度合いを得ることができる。特に、酸素をアルゴンや窒素などのガスで希釈した希釈ガスを用いる場合には、酸素の希釈度を適宜設定す

ることによって、軟磁性下地膜2表面の酸化の度合いの調節が容易になるので、安定した製造を行うことができる。また、軟磁性下地膜2の成膜用のガスに酸素を導入する場合には、例えば成膜法としてスパッタ法を用いるならば、成膜時間の1部のみに酸素を導入したプロセスガスを用いてスパッタを行えばよい。このプロセスガスとしては、例えばアルゴンに酸素を体積率で0.05%~50%（好ましくは0.1~20%）程度混合したガスが好適に用いられる。

【0010】酸化膜の厚さは、例えば透過型電子顕微鏡（TEM）による観察によって得られた断面図から求めることができる。酸化された状態は、オージェ電子分光法、SIMS法などにより確認することができる。

【0011】軟磁性下地膜2の飽和磁束密度 B_s （T）と軟磁性下地膜2の膜厚 t （nm）との積 $B_s \cdot t$ （T・nm）が40（T・nm）以上（好ましくは60（T・nm）以上）であることが好ましい。この $B_s \cdot t$ が上記範囲未満であると、再生波形が歪みをもつようになるため好ましくない。

【0012】軟磁性下地膜2の材料としては、Coを80at%以上含有し、Zr、Ta、Nb、Yのうち少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度 B_s （T）が0.8（T）以上であり、アモルファス構造を有するCo合金を用いることが好ましい。この材料としては、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoNbY系合金などを好適なものとして挙げることができる。また、軟磁性下地膜2の材料としては、Feを60at%以上含有し、Ta、Zr、Al、Si、Hfのうちのうち少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度 B_s （T）が0.8（T）以上である、Fe合金を用いることが好ましい。この材料としては、FeAlSi、FeTaC、FeAlSiRuTi、FeHfO、FeTaN、FeZrO系合金などを好適なものとして挙げることができる。また、軟磁性下地膜2の材料としては、Feを60at%以上含有し、O、N、B、Cのうちのうち少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度 B_s （T）が0.8（T）以上である、Fe合金を用いるのが好ましい。この材料としては、FeN、FeTaC、FeHfO、FeTaN、FeAlO、FeB、FeZrN系合金などの微細結晶構造、あるいは微細な結晶粒子がマトリクス中に分散されたグラニュー構造を有する材料を好適なものとして挙げることができる。

【0013】軟磁性下地膜2の保磁力 H_c は200（Oe）以下（好ましくは50（Oe）以下）とするのが好ましい。この保磁力 H_c が上記範囲を超えると、軟磁気特性が不十分となり、再生波形がいわゆる矩形波から歪みをもった波形になるため好ましくない。また、軟磁性下地膜2の最大透磁率は、1000~1000000（好ましくは100000~500000）とするのが

好ましい。最大透磁率が上記範囲未満であると、記録時に磁気記録媒体への書き込みが不十分となり、十分な記録再生特性を得られなくなるおそれがある。なお、透磁率はCGS単位系で表した値である。

【0014】軟磁性下地膜2の表面形状は、垂直磁性膜4、保護膜5の表面形状に影響を与えるため、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくして、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを低くするには、配向制御膜3の表面平均粗さ R_a を2nm以下とするのが好ましい。軟磁性下地膜2の表面を過剰に酸化すると、この表面平均粗さ R_a が2nmを超えるおそれがあるので好ましくない。この表面平均粗さ R_a を2nm以下とすることによって、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくし、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くし、記録密度を高めることができる。

【0015】配向制御膜3は、直上に設けられた垂直磁性膜4の配向性や粒径を制御するものであり、この配向制御膜3は、B2構造を有する材料からなる第1配向制御層3a上に、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Hfのうち1種以上または2種以上を主成分とする材料からなる第2配向制御層3bを設けた2層構造を有するものであることが好ましい。B2構造をなす第1配向制御層3aの材料としては、NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTiのうち1種または2種以上の合金を主成分ともの使用できる。また、これらの合金にCr、Nb、V、W、Mo、B、O、N、Ru、Nd等の元素を添加した材料を用いることもできる。上記2元系合金（NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTi）を用いる場合には、この合金を構成する2つの成分の含有率は、いずれも40~60at%（好ましくは45~55at%）とするのが好ましい。

【0016】第1配向制御層3aの厚さは、次のように定めるのが好ましい。図2は、上記構成の磁気記録媒体において、第1配向制御層3aの厚さと、垂直磁性膜4の（0002）面の配向性との関係を示すグラフである。このグラフにおいて、横軸は第1配向制御層3aの厚さを示し、縦軸は垂直磁性膜4の（0002）面に相当するX線回折強度を示す。このグラフに示すように、X線回折強度は、第1配向制御層3aの厚さが0.1~20nmであるときに高い値を示し、以後、第1配向制御層3aの厚さが大きくなるにつれて低くなる。このグラフより、垂直磁性膜4の垂直配向性は、第1配向制御層3aの厚さが0.1~20nm（特に1.5~10nm）であるときに高くなり、厚さをさらに大きくすると徐々に低下することがわかる。このため、本実施形態の磁気記録媒体では、第1配向制御層3aの厚さを0.1~20nmとするのが好ましい。この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性膜4における垂直配向性が低下

し、ノイズ特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。また、この厚さが上記範囲を超えると、垂直磁性膜4における垂直配向性が低下し、ノイズ特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。また記録時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなるため、再生信号の分解能が低下するため好ましくない。第1配向制御層3aの厚さは、1.5~10nmの範囲であるとき、垂直磁性膜4の垂直配向性が特に高くなり、かつ記録時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離を小さくすることができるので、再生信号の分解能を低下させることなく記録再生特性を高めることができる。

【0017】第2配向制御層3bの厚さは、0.1~50nm（好ましくは2~25nm）とするのが好ましい。この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性膜4における垂直配向性が低下し記録再生特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。またこの厚さが上記範囲を超えると、第2配向制御層3bにおいて結晶粒子が粗大化し、垂直磁性膜4において結晶粒子が粗大化し記録再生特性が悪化する。また記録再生時における、磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなるため、再生信号の分解能が低下するため好ましくない。

【0018】配向制御層3を形成する際には、第1配向制御層3aや第2配向制御層3bの成膜用のガスに酸素や窒素を導入し、その表面に酸化膜または窒化膜を形成してもよい。例えば、成膜法としてスパッタ法を用いるならば、プロセスガスとしては、アルゴンに酸素を体積率で0.05~50%（好ましくは0.1~20%）程度混合したガス、アルゴンに窒素を体積率で0.01~20%（好ましくは0.02~10%）程度混合したガスが好適に用いられる。

【0019】なお、本発明では、配向制御層は、2層構造に限らず、単一の材料からなる単層構造とすることもできる。この場合、配向制御層には、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Hfのうち1種以上または2種以上を主成分とする材料を用いることが好ましい。なかでも特にRuを用いると、垂直磁性膜4の垂直配向性を高めることができるのが好ましい。この材料としては、垂直磁性膜に対する格子の整合性を考慮して、これらの材料にCo、Cr、Fe、Ni等を添加した合金を用いることができる。またこの材料としては、結晶粒子を微細化するため、これらの材料にC、O、N、Si、Bを添加した合金を用いることもできる。単層構造とした場合の配向制御層の厚さは、0.1~50nm（好ましくは1~25nm、より好ましくは2~25nm）とするのが好適である。この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性膜4における垂直配向性が低下し記録再生特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。またこの厚さが上記範囲を超えると、結晶粒子が粗大化し、垂直磁性膜4において結晶粒子が粗大化し記録再生特性が悪化する。また記録再生時における、磁気ヘッドと軟磁性下地

膜2との距離が大きくなるため、再生信号の分解能が低下するため好ましくない。

【0020】垂直磁性膜4は、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した磁性膜であり、磁性材料からなるものとしてすることができる。垂直磁性膜4の材料としては、CoCr系、CoCrPt系、CoCrTa系、CoCrPtX₁系、CoPtX₁系（X₁: Ta、Zr、Nb、Cu、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、およびBのうち1種または2種以上）の合金を用いるのが好ましい。特に、垂直磁性膜4の垂直磁気異方性を高めるために、CoCrPtX₁系、CoPtX₁系の合金で、Pt含有量が8~24at%であるものを用いるのが好ましい。また、垂直磁性膜4には、遷移金属（Co、Co合金、Fe、Fe合金など）と貴金属材料（Pd、Pd合金、Pt、Pt合金）とを多数回にわたって積層した構造を採用できる。例えば、Co、CoX₁、Fe、FeX₂のいずれかからなる層と、Pd、PdX₂、Pt、PtX₂（X₂: Cr、Pt、Ta、B、O、Ru、Siのうち1種または2種以上）のいずれかからなる層を多数回にわたって積層した構造を採用することができる。上記に挙げたCoCr系、CoCrPt系、CoCrTa系、CoCrPtX₁系、CoPtX₁系や積層構造型の垂直磁性膜はいずれも多結晶を構成するが、本発明の磁気記録媒体は、非晶質構造の垂直磁性膜を適用することもできる。具体的には、特に限定されるものではないが、TbFeCo系合金などの希土類元素を含む合金を挙げることができる。

【0021】垂直磁性膜4の厚さは、3~100nm（好ましくは5~50nm）とするのが好適である。垂直磁性膜4の厚さが上記範囲未満であると、十分な磁束が得られず、再生出力が低下する。また、垂直磁性膜4の厚さが上記範囲を超えると、垂直磁性膜4内の磁性粒子の粗大化が起き、記録再生特性が低下するため好ましくない。

【0022】垂直磁性膜4の保磁力は、3000（Oe）以上とすることが好ましい。保磁力が3000（Oe）より小さい磁気記録媒体は、高記録密度には不適であり、また熱揺らぎ耐性にも劣るため好ましくない。

【0023】垂直磁性膜4は、結晶粒子の平均粒径が5~15nm（好ましくは7~10nm）であることが好ましい。この平均粒径は、例えば垂直磁性膜4の結晶粒子をTEM（透過型電子顕微鏡）で観察し、観察像を画像処理することにより求めることができる。

【0024】なお、垂直磁性膜4は、組成、構造が異なる層を2層以上重ね合わせたものとしてもよい。例えば、垂直磁性膜4は、複数の磁性層とそれら各磁性層間に形成されている中間層とからなり、前記中間層には結晶構造がB2構造である構成またはhcp構造である構成を用いることができる。このときの、磁性層の組成、構造は互いに同じものとしても、異なるものとしてもよ

い。中間膜の材料としては限定されるものではないが、格子の整合性を考慮すると、Ru、RuにCo、Cr、Fe、Ni、C、O、N、Si、B等を添加した合金や、CoCrにFe、Ni、Ru、Pt、Ta、C、O、N、Si、B等を添加した合金を用いるのが特に好ましい。

【0025】保護膜5は垂直磁性膜4の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぐためのもので、従来公知の材料を使用でき、例えばC、SiO₂、ZrO₂を含むものが使用可能である。保護膜5の厚さは、1~10nmとするのが望ましい。潤滑剤6には、パーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸などを用いるのが好ましい。

【0026】上記構成の磁気記録媒体を製造するには、基板1上に、軟磁性下地膜2、配向制御膜3、垂直磁性膜4を順次、スパッタリング、真空蒸着、イオンプレーティングなどにより形成する。次いで保護膜5を、好ましくはプラズマCVD法、イオンビーム法、スパッタリング法により形成する。潤滑剤6を形成するには、ディッピング法、スピンコート法などの従来公知の方法を採用することができる。

【0027】上記構成の磁気記録媒体にあっては、軟磁性下地膜2の最表面（配向制御膜3側の面）に、軟磁性下地膜2を構成する材料が部分的、あるいは完全に酸化された酸化膜2aが形成され、この酸化膜2aの厚さが、0.1nm以上3nm未満（好ましくは0.1nm以上2.2nm以下、さらに好ましくは0.2nm以上1.8nm以下）である。これにより、軟磁性下地膜2の表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるので、この磁気的な揺らぎに起因するノイズを低減して、磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。また、軟磁性下地膜2上に形成される配向制御膜3の結晶粒を微細化して、記録再生特性を改善することができる。

【0028】また、第1配向制御膜3aの厚さを、0.1~20nmとすることによって、記録再生特性をさらに向上させることができる。第1配向制御膜3aの厚さを上記範囲とすることによって、記録再生特性を向上させることができるのは、この第1配向制御膜3aの影響下で成長する第2配向制御膜3b、垂直磁性膜4では、結晶粒子の微細化、孤立化、均一化が進行するためだと考えられる。

【0029】また、第1配向制御膜3aの厚さを上記範囲（0.1~20nm）とすることによって、記録分解能を向上させることができる。これは、磁気ヘッドと軟磁性膜2の距離を大きくすることなく垂直磁性膜4の垂直配向性を高めることができるためだと考えられる。

【0030】図3は本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態を示すもので、ここに示す磁気記録媒体では、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間に、非磁性中間膜7が設

けられている。非磁性中間膜7にはhcp構造を有する非磁性材料を用いるのが好ましい。非磁性中間膜7には、非磁性のCoCr合金やCoCrX₂合金やCoX₂合金（X₂:Pt、Ta、Zr、Ru、Nb、Cu、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、NおよびBのうち1種または2種以上）を用いるのが好適である。非磁性中間膜7の厚さは、垂直磁性膜4における磁性粒子の粗大化による記録再生特性の悪化や、磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなることによる記録分解能の低下を起こさないようにするために、20nm以下（好ましくは10nm以下）とするのが好ましい。本実施形態の磁気記録媒体においては、非磁性中間膜7を設けることによって、垂直磁性膜4の垂直配向性を高めることができるので、垂直磁性膜4の保磁力H_cを高め、記録再生特性および熱揺らぎ耐性をさらに向上させることができる。

【0031】図4は、本発明の磁気記録媒体の第3の実施形態を示すもので、ここに示す磁気記録媒体では、非磁性基板1と軟磁性下地膜2との間に、磁気異方性が主に面内方向を向いた硬磁性膜8が設けられている。硬磁性下地膜8にはCoSm合金や、CoCrCoX₂合金（X₂:Pt、Ta、Zr、Nb、Cu、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、NおよびBのうち1種または2種以上）を用いるのが好適である。硬磁性膜8は、保磁力H_cが500（Oe）以上（好ましくは1000（Oe）以上）であることが好ましい。硬磁性膜8の厚さは、20~150nm（好ましくは40~70nm）であることが好ましい。硬磁性下地膜8の厚さは、20nm未満であると、エラーレートを低くする効果が低下し、150nmを超えると、配向制御膜3の表面平均粗さRaが大きくなるため好ましくない。硬磁性膜8は、軟磁性下地膜2と交換結合し、磁化方向が基板半径方向に向けられ得る構成とするのが好ましい。硬磁性下地膜8を設けることにより、より効果的に軟磁性下地膜2での巨大な磁区の形成を抑えることができるので、磁壁によるスパイクノイズの発生を防止して、記録再生時のエラーレートを十分に低くすることができる。

【0032】図5は、本発明の磁気記録媒体の第4の実施形態を示すもので、ここに示す磁気記録媒体では、垂直磁性膜4と保護膜5との間に軟磁性膜からなる磁化安定膜9が設けられている。磁化安定膜9の材料としては、FeCo系合金（FeCo、FeCoVなど）、FeNi系合金（FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど）、FeAl系合金（FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu、FeAlOなど）、FeCr系合金（FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど）、FeTa系合金（FeTa、FeTaC、FeTa₂Nなど）、FeMg系合金（FeMgOなど）、FeZr系合金（FeZrNなど）、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、

FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金、FeB系合金などを挙げることができる。またFeを60at%以上含有するFeAlO、FeMgO、FeTa₂N、FeZrN等の微結晶構造、あるいは微細な結晶粒子がマトリクス中に分散されたグラニュー構造を有する材料を用いてもよい。磁化安定膜9の材料としては、上記のほか、Coを80at%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種を含有し、アモルファス構造を有するCo合金を用いることができる。この材料としては、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMo系合金などを好適なものとして挙げることができる。

【0033】磁化安定膜9の飽和磁場H_cは200(Oe)以下(好ましくは50(Oe)以下)とするのが好ましい。磁化安定膜9の飽和磁束密度B_sは、0.4T以上(好ましくは1T以上)とするのが好ましい。また、磁化安定膜9の飽和磁束密度B_s(T)と膜厚t(nm)との積B_s・t(T・nm)は7.2(T・nm)以下であることが好ましい。このB_s・tが上記範囲を超えると、再生出力が低下するため好ましくない。また、磁化安定膜9の最大送磁率は、1000~100000(好ましくは100000~500000)とするのが好ましい。

【0034】磁化安定膜9は、磁化安定膜9を構成する材料が部分的、あるいは完全に酸化されて構成されていることが好ましい。つまり、磁化安定膜9の表面(保護膜5側もしくは垂直磁性膜4側の面)およびその近傍(表面から所定の深さの領域)が、磁化安定膜9を構成する材料が部分的または全体的に酸化されているのが好ましい。これにより、磁化安定膜9の表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるので、この磁気的な揺らぎに起因するノイズの低減して、磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。

【0035】垂直磁性膜4と保護膜5との間に軟磁性膜からなる磁化安定膜9を設けることにより、熱揺らぎ耐性の向上、再生出力の増加を図ることができる。これは、垂直磁性膜4の表面に存在する磁化の揺らぎを、この磁化安定膜9が安定化することにより、漏れ磁束が揺らぎの影響を受けなくなり、再生出力が増加するためであると考えられる。また、この磁化安定膜9が設けられていることにより、垂直磁性膜4の基板1に垂直な方向の磁化と、軟磁性下地膜2および磁化安定膜9の面内方向の磁化が、閉回路を形成する。この作用により、垂直磁性膜4の磁化がより強固に固定されるので、熱揺らぎ耐性が向上すると考えられる。

【0036】図3~図5に示す構成の磁気記録媒体は、図1に示す磁気記録媒体の製造工程(基板1上にスパッタ法などにより、軟磁性下地膜2を形成中、または形成後に軟磁性下地膜2の表面を酸化処理を施し、次いで配向制御膜3、垂直磁性膜4をスパッタ法などにより形成

し、次いで保護膜5をCVD法、イオンビーム法、スパッタ法などにより形成する。次いで、ディッピング法、スピンコート法などにより潤滑膜6を形成する)において、必要に応じて基板1と軟磁性下地膜2との間に硬磁性膜8を形成する工程や、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間に非磁性中間膜7を形成する工程や、垂直磁性膜4と保護膜5との間に磁化安定膜9を形成する工程や、磁化安定膜9の表面を酸化処理する工程を含んで行うことによって製造することができる。

【0037】図6は、上記磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置の例を示すものである。ここに示す磁気記録再生装置は、磁気記録媒体10と、磁気記録媒体10を回転駆動させる媒体駆動部11と、磁気記録媒体10に情報を記録再生する磁気ヘッド12と、ヘッド駆動部13と、記録再生信号処理系14とを備えている。記録再生信号処理系14は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド12に送ったり、磁気ヘッド12からの再生信号を処理してデータを出力することができるようになっている。磁気ヘッド12としては、垂直記録用の単磁極ヘッドを例示することができる。図6(b)に示すように、この単磁極ヘッドとしては、恒磁極12aと、補助磁極12bと、これら連結部12cに設けられたコイル12dとを有する構成のものを好適に用いることができる。

【0038】上記磁気記録再生装置によれば、上記磁気記録媒体10を用いるので、記録再生特性を高めることができる。従って、データ消失などのトラブルを未然に防ぐとともに、高記録密度化を図ることができる。なお、本明細書において、主成分とは当該成分を50at%を超えて含むことを指す。

【0039】

【実施例】以下、実施例を示して本発明の作用効果を明確にする。ただし、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

(実施例1) 洗浄済みのガラス基板1(オハラ社製、外径2.5インチ)をDCマグネトロンスパッタ装置(アネルバ社製C-3010)の成膜チャンバ内に収容して、到達真空度 1×10^{-4} Paとなるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板1上に89at%Co-4at%Zr-7at%Nbからなるターゲットを用いて、100℃以下の基板温度で厚さ100nmの軟磁性下地膜2をスパッタリングにより成膜した。この膜の飽和磁束密度B_s(T)と膜厚t(nm)の積B_s・t(T・nm)が200(T・nm)であることを振動式磁気特性測定装置(VSM)で確認した。次いで、チャンバ内に純酸素(100vol%O₂)を導入し、軟磁性下地膜2の表面を酸素に曝露し(曝露工程)、軟磁性下地膜2の表面に酸化膜2aを形成した。次いで、基板を200℃に加熱して、上記軟磁性下地膜2上に、50at%Ni-50at%A1からなる第1配向制御膜

(厚さ8nm)とRuからなる第2配向制御層(厚さ20nm)からなる配向制御膜3を形成した。その後、62at%Co-20at%Cr-14at%Pt-4at%Bからなる垂直磁性膜4(厚さ30nm)を形成した。上記スパッタリング工程においては、成膜用のプロセスガスとしてアルゴンを用い、ガス圧力0.5Paにて成膜を行った。次いで、CVD法により厚さ5nmの保護膜5を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑膜6を形成し、磁気記録媒体を得た(表1を参照)。

【0040】(実施例2~6) 曝露工程において、軟磁性下地膜2を酸素に曝露する時間を変えることによつて、酸化膜2aの厚さを変化させること以外は実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した(表1を参照)。

【0041】(実施例7~9) 曝露工程において、軟磁性下地膜2を曝露するガスとして、純酸素に代えて表1に示すガスを用いること以外は実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した(表1を参照)。

【0042】(実施例10、11) 曝露工程を行わず、これに代えて、軟磁性下地膜2を形成する成膜工程に用いるプロセスガスとして、表1に示す酸素含有アルゴンガスをを用いることにより酸化膜2aを形成すること以外は実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した(表1を参照)。

【0043】(比較例1、2) 比較例1として、軟磁性下地膜2の垂直磁性膜側の表面の酸化をおこなわない磁気記録媒体を作製した。また、比較例2として、軟磁性下地膜2の垂直磁性膜側の表面の酸化を過剰におこなった磁気記録媒体を作製した(表1を参照)。

【0044】(実施例12~18) 実施例12~18として、軟磁性下地膜2の材料に、表2に示すものを用いたこと以外は、実施例1と同様の作製工程にて磁気記録媒体を作製した(表2を参照)。

【0045】(実施例19~21) 実施例19~21として、軟磁性下地膜2の飽和磁束密度Bsと軟磁性下地膜2の膜厚tとの積Bs・tを表3に示すように設定した以外は、実施例1と同様の作製工程にて磁気記録媒体を作製した(表3を参照)。

【0046】(実施例22~30) 実施例22~30として、配向制御層3を単層構造とし、その材料と厚さを表4に示すようにした以外は、実施例1と同様の作製工程にて磁気記録媒体を作製した(表4を参照)。

【0047】(実施例31~38) 実施例31~38として、第1配向制御膜3aの材料と厚さを表5に示すように設定した以外は、実施例1と同様の作製工程にて磁気記録媒体を作製した(表5を参照)。

【0048】(実施例39~46) 実施例39~46として、垂直磁性膜4の材料と厚さを表6に示すように設定した以外は、実施例1と同様の作製工程にて磁気記録媒体を作製した(表6を参照)。

【0049】(実施例47~52) 実施例47~52として、配向制御層3と垂直磁性膜4との間に非磁性中間膜7を設け、その材料と厚さを表7に示すようにした以外は、実施例1と同様の作製工程にて磁気記録媒体を作製した(表7を参照)。

【0050】(実施例53~57) 実施例53~57として、基板1と軟磁性下地膜2との間に硬磁性膜8を設け、この硬磁性膜8の材料と厚さを表8に示すようにした以外は、実施例1と同様の作製工程にて磁気記録媒体を作製した(表8を参照)。

【0051】(実施例58~63) 実施例58~63として、垂直磁性膜4と保護膜6との間に磁化安定膜9を設け、この磁化安定膜9の材料と厚さを表9に示すようにした以外は、実施例1と同様の作製工程にて磁気記録媒体を作製した(表9を参照)。

【0052】上記磁気記録媒体の静磁気特性をkerr効果測定装置を用いて測定した。また、これら磁気記録媒体の記録再生特性および熱腐らび耐性をGUKK社製リードライトアナライザRWA1632、およびスピンドルS1701MPを用いて測定した。記録再生特性の評価には、磁気ヘッドとして、図6(b)に示すものと同様の垂直記録用の単磁極ヘッドを用い、エラーレートを確認記録密度600kFCIにて測定した。また、熱腐らび耐性の評価は、基板を70℃に加熱して確認記録密度50kFCIにて書き込みをおこなった後、書き込み後1秒後の再生出力に対する出力の低下率(%/decade)を、 $(S_0 - S) \times 100 / (S_0 \times 3)$ に基づいて算出した。この式において、S₀は磁気記録媒体に信号記録後1秒経過時の再生出力を示し、Sは1000秒後の再生出力を示す。各磁気記録媒体の静磁気特性、記録再生特性の測定結果を表1~表9に示す。

【0053】

【表1】

	軟磁性膜		酸化膜				配向制御膜				非磁性膜		静電気特性	I-V特性	熱電圧特性
	組成 (at%)	Bs-t (T·nm)	ガス (vol%)	条件	厚さ (nm)	第1配向制御膜 組成 (at%)	厚さ (nm)	第2配向制御膜 組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	H ₀ (Oe)			
実施例1	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4620	7.5	0.72	
実施例2	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	0.1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4660	8.6	0.75	
実施例3	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	0.3	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4710	7.2	0.75	
実施例4	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1.8	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4590	7.2	0.74	
実施例5	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	2.2	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4590	7.0	0.78	
実施例6	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	2.8	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4390	6.4	0.71	
実施例7	89Co4Zr7Nb	200	50%O ₂ -50%Ar	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4780	7.3	0.80	
実施例8	89Co4Zr7Nb	200	10%O ₂ -90%Ar	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4610	7.1	0.71	
実施例9	89Co4Zr7Nb	200	20%O ₂ -80%Ar	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4700	7.4	0.71	
実施例10	89Co4Zr7Nb	200	5%O ₂ -95%Ar	成膜	1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4780	7.2	0.69	
実施例11	89Co4Zr7Nb	200	1%O ₂ -99%Ar	成膜	1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4620	7.1	0.71	
比較例1	89Co4Zr7Nb	200	—	—	—	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	3950	4.1	0.79	
比較例2	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	5	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt48	30	4080	3.9	0.68	

[0054]

* * [表2]

	軟磁性膜		酸化膜				配向制御膜				非磁性膜		静電気特性	I-V特性	熱電圧特性
	組成 (at%)	Bs-t (T·nm)	ガス (vol%)	条件	厚さ (nm)	第1配向制御膜 組成 (at%)	厚さ (nm)	第2配向制御膜 組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	H ₀ (Oe)			
実施例1	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4620	7.5	0.72	
実施例12	89Co6Zr5Ta	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4580	7.1	0.78	
実施例13	89Co3Nb8Y	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4630	7.2	0.69	
実施例14	80Fe10Ta10C	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4720	7.5	0.76	
実施例15	75Fe10Hf15O	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4660	7.7	0.72	
実施例16	70Fe15Ta15N	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4580	7.2	0.78	
実施例17	70Fe15Zr15O	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4510	7.4	0.71	
実施例18	80Fe20B	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4580	7.8	0.81	

[0055]

※30※ [表3]

	軟磁性膜		酸化膜				配向制御膜				非磁性膜		静電気特性	I-V特性	熱電圧特性
	組成 (at%)	Bs-t (T·nm)	ガス (vol%)	条件	厚さ (nm)	第1配向制御膜 組成 (at%)	厚さ (nm)	第2配向制御膜 組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	H ₀ (Oe)			
実施例1	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4620	7.5	0.72	
実施例19	89Co4Zr7Nb	40	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4620	7.1	0.78	
実施例20	89Co4Zr7Nb	60	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4680	7.5	0.76	
実施例21	89Co4Zr7Nb	400	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt48	30	4520	7.3	0.72	

[0056]

[表4]

19

20

	軟磁特性		酸化膜			配向制御膜		垂直磁特性		静磁気特性 H _c (Oe)	I ₅₋₁₀ -X	熱磁反 答特性 (%/deg- C-dec)
	組成 (at%)	B _s -t (T-nm)	ガス (vol%)	条件	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)			
実施例1	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	NiAl/Ru	20	62Co26Cr14Pt4B	30	4820	7.5	0.72
実施例22	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	Ru	1	62Co20Cr14Pt4B	30	3780	6.0	0.83
実施例23	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	Ru	10	62Co20Cr14Pt4B	30	3880	6.2	0.82
実施例24	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	30	3900	6.2	0.84
実施例25	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	Ru	50	62Co20Cr14Pt4B	30	3870	6.6	0.77
実施例26	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	90Ru10C	20	62Co20Cr14Pt4B	30	3950	6.4	0.81
実施例27	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	70Ru20Cr10B	20	62Co20Cr14Pt4B	30	3870	6.3	0.83
実施例28	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	Ti	20	62Co20Cr14Pt4B	30	3520	5.8	0.75
実施例29	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	Zr	20	62Co20Cr14Pt4B	30	3410	5.9	0.75
実施例30	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	Zn	20	62Co20Cr14Pt4B	30	3510	5.5	0.79

【0057】

* * 【表5】

	軟磁特性		酸化膜			配向制御膜				垂直磁特性		静磁気特性	I ₅₋₁₀ -X	熱磁反答特性
	組成 (at%)	B _s -t (T-nm)	ガス (vol%)	条件	厚さ (nm)	第1配向制御膜 組成 (at%)	厚さ (nm)	第2配向制御膜 組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	H _c (Oe)		
実施例1	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co26Cr14Pt4B	30	4620	7.5	0.72
実施例31	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	0.2	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	30	4290	6.4	0.81
実施例32	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	10	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	30	4610	7.2	0.71
実施例33	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	20	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	30	4490	7.0	0.69
実施例34	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	30	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	30	4310	6.3	0.75
実施例35	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	80Fe50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	30	4590	6.8	0.72
実施例36	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	45Ni55Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	30	4750	7.5	0.76
実施例37	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	45Ni45Al10B	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	30	4490	7.7	0.78
実施例38	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Al50Ru	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	30	4510	7.6	0.71

【0058】

* * 【表6】

	軟磁特性		酸化膜			配向制御膜				垂直磁特性		静磁気特性	T ₅₋₁₀ -X	熱磁反答特性
	組成 (at%)	B _s -t (T-nm)	ガス (vol%)	条件	厚さ (nm)	第1配向制御膜組成 (at%)	厚さ (nm)	第2配向制御膜組成 (nm)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	H _c (Oe)	10 ⁻³	(%/deg- C-dec)
実施例1	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	30	4520	7.5	0.72
実施例39	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	5	3270	6.1	0.92
実施例40	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	50	4620	7	0.76
実施例41	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	90	4010	6.2	0.72
実施例42	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	62Co20Cr14Pt4B	120	4420	5.3	0.73
実施例43	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	54Co22Cr12Pt27	30	4380	6.5	0.76
実施例44	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	81Co17Cr22Pt	30	4580	6.2	0.71
実施例45	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co/Pd膜層	30	4320	6.2	0.58
実施例46	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	真空	1	50Ni50Al	8	Ru	20	TbFeCo	30	4480	6.1	0.51

【0059】

40 【表7】

	軟磁性膜		酸化膜		第1配向制御層		第2配向制御層		非磁性中間膜		垂直磁性膜		静電気特性 H _c (Oe)	再生出力 10-X (V)	熱揺らぎ耐性 (%/decade)
	組成 (at%)	B _s ・t (T・nm)	ガス (vol%)	条件 厚さ	組成 (at%)	厚さ	組成 (at%)	厚さ	組成 (at%)	厚さ	組成 (at%)	厚さ			
実施例1	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	—	—	Co20Cr14Pt4B	30	4620	7.5	0.72
実施例47	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	80Co40Cr	5	Co20Cr14Pt4B	30	4820	7.9	0.75
実施例48	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	80Co40Cr	2	Co20Cr14Pt4B	30	4780	7.9	0.74
実施例49	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	80Co40Cr	20	Co20Cr14Pt4B	30	4780	7.8	0.71
実施例50	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	80Co40Cr	40	Co20Cr14Pt4B	30	4720	7.2	0.79
実施例51	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	55Co35Cr10Mn	5	Co20Cr14Pt4B	30	4799	7.9	0.71
実施例52	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	55Co45Ru	5	Co20Cr14Pt4B	30	4780	8.0	0.77

厚さの単位はnmとした。

【0060】

※ ※ 【表8】

	硬磁性膜		軟磁性膜		酸化膜		第1配向制御層		第2配向制御層		垂直磁性膜		静電気特性 H _c (Oe)	再生出力 10-X (V)	熱揺らぎ耐性 (%/decade)
	組成 (at%)	厚さ	組成 (at%)	B _s ・t (T・nm)	ガス (vol%)	条件 厚さ	組成 (at%)	厚さ	組成 (at%)	厚さ	組成 (at%)	厚さ			
実施例1	89Co4Zr7Nb	200	—	—	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	4620	7.5	0.72
実施例53	62Co20Cr14Pt4B	50	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	4820	7.9	0.71
実施例54	62Co20Cr14Pt4B	20	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	4780	7.8	0.69
実施例55	62Co20Cr14Pt4B	140	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	4780	7.7	0.69
実施例56	61Co17Cr22Pt	50	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	4726	7.9	0.68
実施例57	84Co16Sc	50	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	4798	7.8	0.71

厚さの単位はnmとした。

【0061】

※ ※ 【表9】

	軟磁性膜		酸化膜		第1配向制御層		第2配向制御層		垂直磁性膜		酸化安定膜		静電気特性 H _c (Oe)	再生出力 (V)	10-X	熱揺らぎ耐性 (%/decade)
	組成 (at%)	B _s ・t (T・nm)	ガス (vol%)	条件 厚さ	組成 (at%)	厚さ	組成 (at%)	厚さ	組成 (at%)	厚さ	組成 (at%)	B _s ・t				
実施例1	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	—	—	4620	2990	7.5	0.72
実施例58	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	89Co4Zr7Nb	2.4	4820	3450	7.2	0.45
実施例59	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	89Co4Zr7Nb	3.6	4780	3410	7.3	0.51
実施例60	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	89Co4Zr7Nb	7.0	4780	3120	7.2	0.88
実施例61	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	89Co4Zr7Nb	9.8	4720	2420	6.3	0.98
実施例62	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	85Fe15Zr	3.6	4790	3410	7.4	0.86
実施例63	89Co4Zr7Nb	200	100%O ₂	曝露 1	50Ni50Al	8	Ru	20	Co20Cr14Pt4B	30	75Fe15Ta10W	3.8	4760	3320	7.1	0.51

B_s・t：飽和磁束密度 B_sと膜厚 t との積。

厚さの単位はnmとした。

【0062】表1の結果より、軟磁性下地膜2の表面に酸化膜2aを形成し、この酸化膜2aの厚さを、0.1nm以上3nm未満とした磁気記録媒体では、良好な記録再生特性および熱揺らぎ耐性が得られたことがわかる。

【0063】表2の結果より、軟磁性下地膜2の材料として表2に示すものを用いた場合でも優れた記録再生特性および熱揺らぎ耐性が得られたことがわかる。

【0064】表3の結果より、B_s・tの値を40T・nm以上とすることによって、良好な記録再生特性が得られ、このB_s・tの値を60T・nm以上とすること

によって、記録再生特性および熱揺らぎ耐性をさらに向上させることができたことがわかる。

【0065】表4の結果より、第1配向制御層3の材料として表4に示すものを用いた場合でも優れた記録再生特性および熱揺らぎ耐性が得られたことがわかる。

【0066】表5の結果より、第1配向制御層3aの厚さを0.1～20nmとすることによって、優れた記録再生特性および熱揺らぎ耐性を得ることができたことがわかる。また第1配向制御層3aの材料として、表5に示すものを用いた場合でも優れた記録再生特性および熱揺らぎ耐性が得られたことがわかる（実施例35～3

8)。

【0067】表6の結果より、垂直磁性膜4の厚さを、3～100nmに設定することによって、良好な記録再生特性が得られたことがわかる。さらに、垂直磁性膜4の厚さを5～50nmとすることによって、より良好な記録再生特性が得られたことがわかる。また垂直磁性膜4の材料として、表6に示すものを用いた場合でも優れた記録再生特性および熱揺らぎ耐性が得られたことがわかる（実施例44～46）。

【0068】表7の結果より、非磁性中間膜7を設けることによって、記録再生特性および熱揺らぎ耐性を向上させることができたことがわかる。

【0069】表8の結果より、硬磁性膜8を設けることによって、記録再生特性および熱揺らぎ耐性を向上させることができたことがわかる。

【0070】表9の結果より、酸化安定膜9を設けることによって、記録再生特性および熱揺らぎ耐性を向上させることができたことがわかる。

【0071】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気記録媒体にあっては、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、軟磁性下地膜の配向制御膜側の表面の1部または全面が酸化され*

※ており、酸化膜の厚さが、0.1nm以上3nm未満であるので、記録再生特性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示す一部断面図である。

【図2】 第1配向制御膜3aの厚さと、垂直磁性膜4の(002)面の配向性との関係を示すグラフである。

【図3】 本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態を示す一部断面図である。

【図4】 本発明の磁気記録媒体の第3の実施形態を示す一部断面図である。

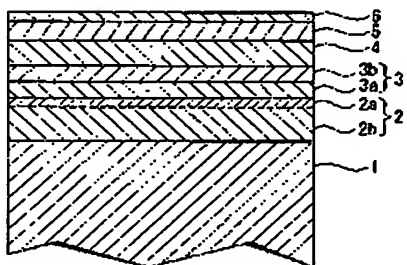
【図5】 本発明の磁気記録媒体の第4の実施形態を示す一部断面図である。

【図6】 本発明の磁気記録再生装置の一例を示す概略図であり、(a)は全体構成を示し、(b)は磁気ヘッドを示す。

【符号の説明】

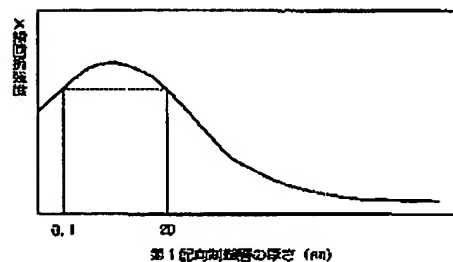
1…非磁性基板、2…軟磁性下地膜、3…配向制御膜、3a…第1配向制御膜、3b…第2配向制御膜、4…垂直磁性膜、5…保護膜、6…潤滑膜、7…非磁性中間膜、8…硬磁性膜、9…酸化安定膜、10…磁気記録媒体、11…媒体駆動部、12…磁気ヘッド、12a…主磁極、12b…補助磁極、12c…追従部、12d…コイル、13…ヘッド駆動部、14…記録再生信号処理系

【図1】

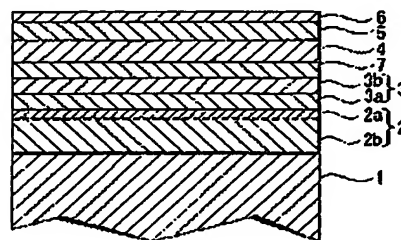


1 : 非磁性基板
2 : 軟磁性下地膜
3 : 配向制御膜
3a : 第1配向制御膜
3b : 第2配向制御膜
4 : 垂直磁性膜
5 : 保護膜

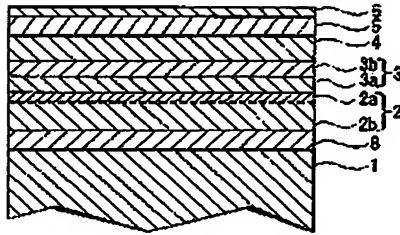
【図2】



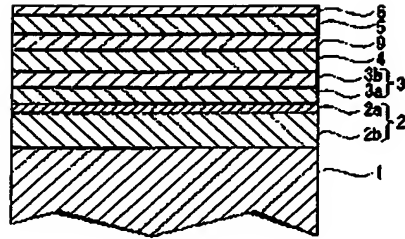
【図3】



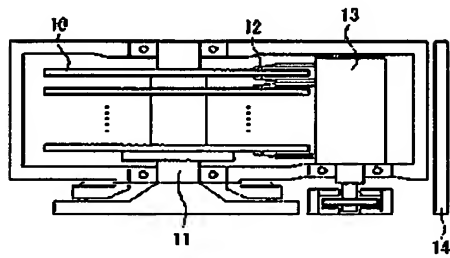
【図4】



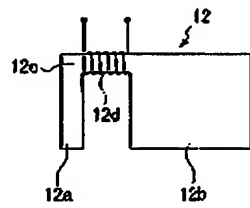
【図5】



【図6】



(a)



(b)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.